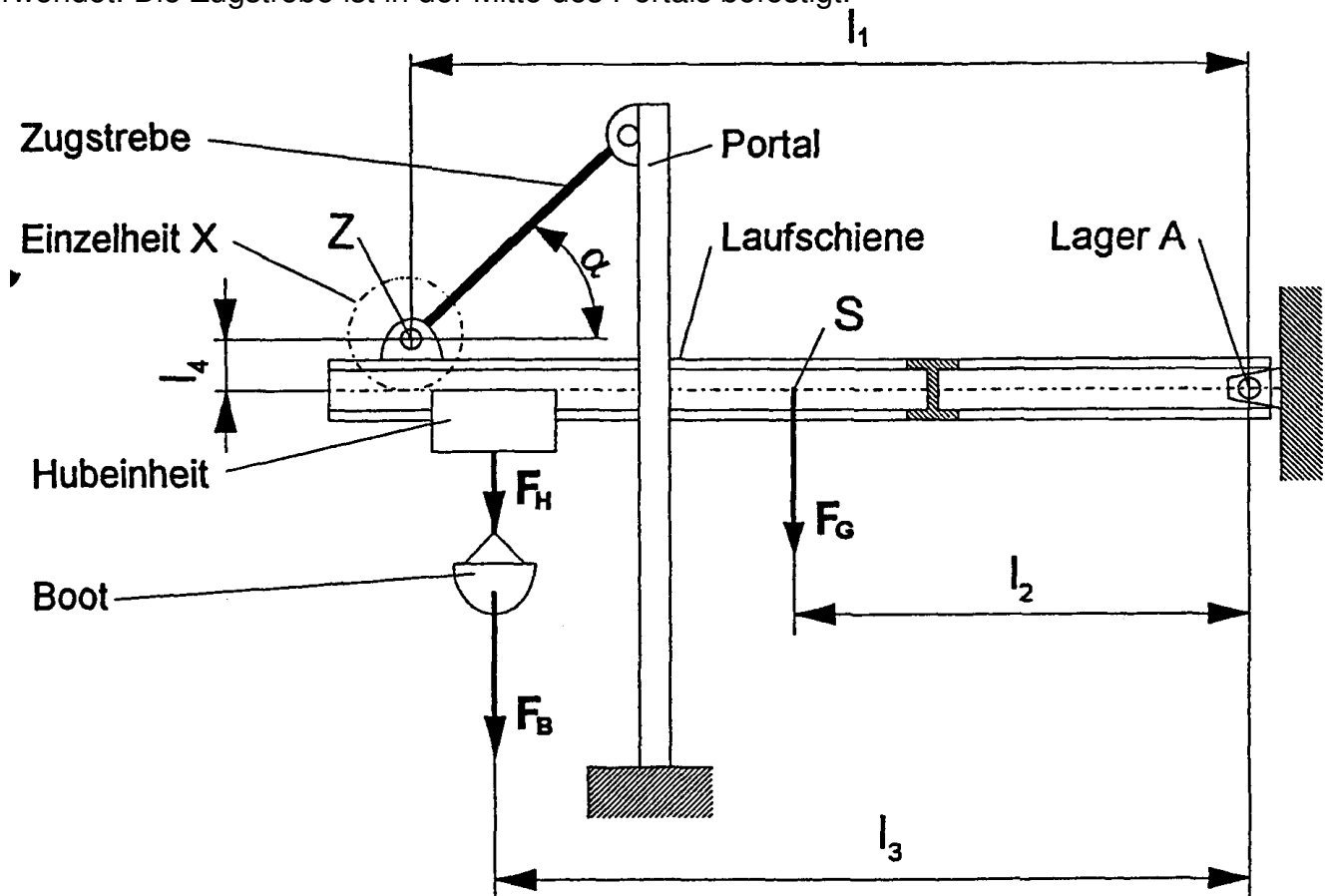


HP 2002/03-1: Bootskran

HP 2002/03-1: Bootskran

Eine elektrisch angetriebene Hubeinheit trägt die Bootslast. Als Laufschiene wird ein I-Träger verwendet. Die Zugstrebe ist in der Mitte des Portals befestigt.



Daten:	$l_1 = 7000 \text{ mm}$	Boot:	$F_B = 9 \text{ kN}$
	$l_2 = 3500 \text{ mm}$	Laufschiene:	$F_G = 2,5 \text{ kN}$
	$l_3 = 6000 \text{ mm}$	Hubeinheit:	$F_H = 1 \text{ kN}$
	$l_4 = 300 \text{ mm}$		$\alpha = 50^\circ$
	Laufschiene: I - Profil DIN 1025 - S235JR – IPE		

Teilaufgaben:		Punkte
1	Ermitteln Sie zeichnerisch die Kraft F_Z in der Zugstrebe und die Lagerkraft F_A .	5,5
2	Die Hubeinheit befindet sich jetzt bei S.	
2.1	Berechnen Sie die Kräfte in den Lagern A und Z.	3,5
2.2	Bestimmen Sie den erforderlichen IPE- Träger bei 3- facher Sicherheit gegen Verformung.	2,5

HP 2002/03-1: Bootskran

3 Die Zugstrebe ist in der dargestellten Weise mit der Laufschiene verbunden.

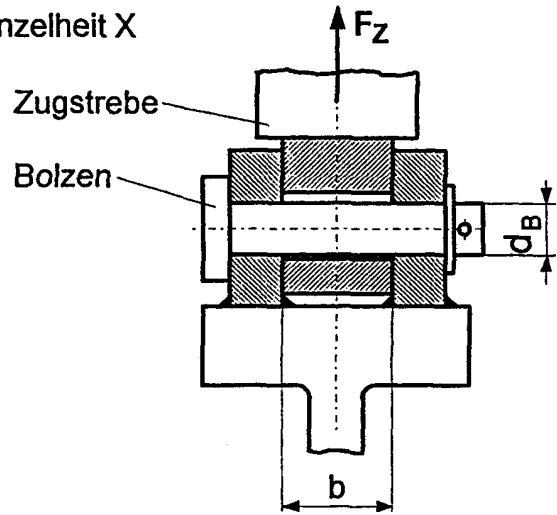
Daten:

$$F_Z = 12,5 \text{ kN}$$

$$b = 12 \text{ mm}$$

Einzelheit X

3,0



3.1 Ermitteln Sie den erforderlichen Durchmesser d_B des Bolzens aus S235 bei 6-facher Sicherheit gegen Abscheren.

2,5

3.2 Welcher Durchmesser d_B ist für den Bolzen bei einer zulässigen Flächenpressung von $p_{zul} = 60 \text{ N/mm}^2$ zu wählen ?

2,5

4 Schematischer Aufbau der Hubeinheit:

Daten:

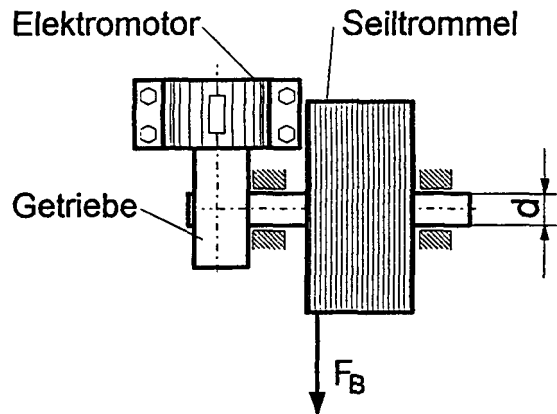
$$n_M = 1440 \text{ min}^{-1}$$

$$d = 32 \text{ mm}$$

$$V_{Hub} = 0,2 \text{ m/s}$$

$$\eta_G = 0,8 \text{ (Getriebe)}$$

$$F_B = 9 \text{ kN}$$



4.1 Welches maximale Drehmoment kann die Seiltrommelwelle bei $\tau_{zul} = 30 \text{ N/mm}^2$ übertragen ?

3,0

4.2 Bestimmen Sie das erforderliche Drehmoment am Elektromotor der Hubeinheit.

3,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

Lösungsvorschlag

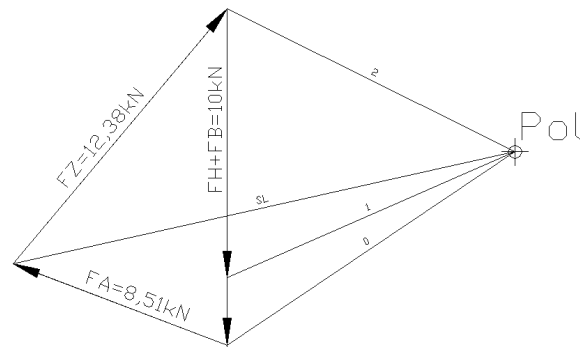
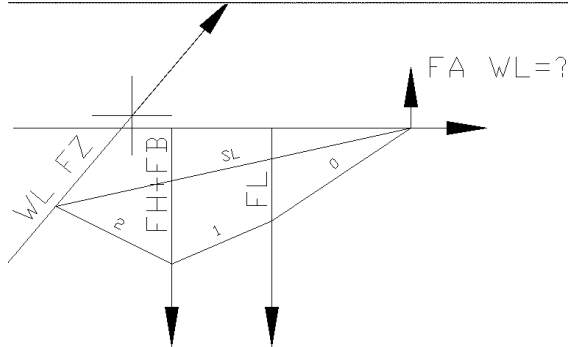
Teilaufgaben:

Punkte

1 LP Laufschiene $M_L = \dots$

KP Kräftemaßstab $M_K = \dots$

5,5



Hinweis: Auch zwischen F_H und F_B kann ein Polstrahl gezeichnet werden. Der zugehörige Seilstrahl im Lageplan wird aber nicht sichtbar, weil er zwischen den identischen Wirklinien von F_H und F_B verläuft.

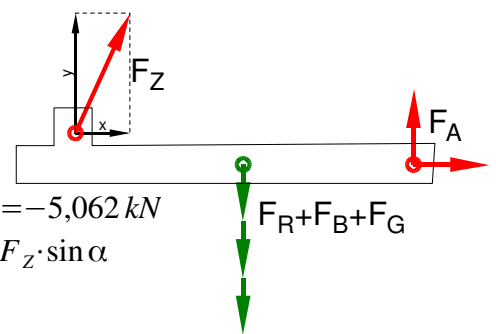
2

2.1 Rechnerische Lösung:

LS Laufschiene

3,5

$$\begin{aligned} \Sigma M_A = 0 &= -F_{Zy} \cdot l_1 - F_{Zx} \cdot l_4 + (F_G + F_H + F_B) \cdot l_2 \\ &= -F_Z \cdot \sin \alpha \cdot l_1 - F_Z \cdot \cos \alpha \cdot l_4 + (F_G + F_H + F_B) \cdot l_2 \\ F_Z &= \frac{(F_G + F_H + F_B) \cdot l_2}{\sin \alpha \cdot l_1 + \cos \alpha \cdot l_4} = \frac{(2,5 + 1 + 9) \text{ kN} \cdot 3500 \text{ mm}}{\sin 50^\circ \cdot 7000 \text{ mm} + \cos 50^\circ \cdot 300 \text{ mm}} \\ &= 7,87 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\Sigma F_x = 0 = F_{Zx} + F_{Ax} \Rightarrow F_{Ax} = -F_Z \cos \alpha = -7,876 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ = -5,062 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Zy} - F_G - F_H - F_B + F_{Ay} \Rightarrow F_{Ay} = F_G + F_H + F_B - F_Z \cdot \sin \alpha$$

$$F_{Ay} = 2,5 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 9 \text{ kN} - 7,876 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ = 6,467 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(-5,062 \text{ kN})^2 + (6,467 \text{ kN})^2} = 8,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{6,467 \text{ kN}}{-5,062 \text{ kN}} = -51,9^\circ$$

$\alpha_A = 51,9^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 128,1^\circ$ gegen die positive x-Achse

2.2 Das maximale Biegemoment liegt bei S, weil dort der einzige innere Kräfteeinleitungspunkt ist. Die Berechnungen des Biegemomentes von rechts und von links sind alternativ, es genügt eine von beiden.

2,5

$\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$ (S235 \rightarrow Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

$$M_{bS}(\text{rechts}) = F_{Ay} \cdot l_2 = F_A \cdot \sin \alpha_A \cdot l_2 = 8,213 \text{ kN} \cdot \sin 51,95^\circ \cdot 3500 \text{ mm} = 22,6 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{bS}(\text{links}) &= F_{Zy} \cdot (l_1 - l_2) + F_{Zx} \cdot l_4 = F_Z \cdot \sin \alpha \cdot (l_1 - l_2) + F_Z \cdot \cos \alpha \cdot l_4 \\ &= 7,786 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ \cdot (7000 - 3500) \text{ mm} + 7,876 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ \cdot 300 \text{ mm} = 22,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{3} = 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{22,6 \text{ kNm}}{110 \text{ N/mm}^2} = 206 \text{ cm}^3$$

gewählt: I-Profil DIN1025 – S235JR – IPE 220 mit $W_x = 252 \text{ cm}^3$

I-Profil bei Biegung

3.1 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren

$\tau_{aB} = 290 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

$$\frac{\tau_{aB}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{V} = \frac{290 \text{ N/mm}^2}{6} = 48,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_D}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{12,5 \text{ kN}}{2 \cdot 48,3 \text{ N/mm}^2} = 129,3 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 129,3 \text{ mm}^2}{\pi}} = 12,8 \text{ mm}$$

3.2 Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung:

$$p_{zul} = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_Z}{p_{zul}} = \frac{12,5 \text{ N}}{60 \text{ N/mm}^2} = 208,3 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot b \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{b} = \frac{208,3 \text{ mm}^2}{12 \text{ mm}} = 17,4 \text{ mm}$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 17,4 mm, gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen Ø 18 mm (→ TabB „Bolzen“)

Flächenpressung und Scherfestigkeit (BolzenØ)

4

4.1 $W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 32^3 \text{ mm}^3}{16} = 6434 \text{ mm}^3$ 3,0

$$\frac{\tau_{tF}}{V} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$M_t = \tau_{tzul} \cdot W_p = 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 6434 \text{ mm}^3 = 193 \text{ Nm}$$

übertragbares Moment

4.2 $P_{ab} = F_B \cdot v_{Hub} = 9 \text{ kN} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1800 \text{ W}$ 3,0

$$\eta_G = \frac{P_{ab}}{P_M} \Rightarrow P_M = \frac{P_{ab}}{\eta_G} = \frac{1800 \text{ W}}{0,8} = 2250 \text{ W}$$

$$P_M = 2 \pi \cdot n_M \cdot M_M \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2 \pi \cdot n_M} = \frac{2250 \text{ W}}{2 \pi \cdot 1440 \text{ min}^{-1}} = 15 \text{ Nm}$$

erforderliches Moment

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$